

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,  
Ústav geologie a paleontologie

# **Foraminifery spodního devonu pražské pánve**

Early Devonian foraminifera of the Barrandian area

Bakalářská práce

Anna Vaněčková



Vedoucí práce: Doc. RNDr. Katarína Holcová, CSc.

Praha 2010

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze s pomocí citovaných zdrojů.

V Praze dne 31. 5. 2010

.....

Anna Vaněčková

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat školitelce této práce Doc. RNDr. Kataríně Holcové, CSc. (PřF UK, Ústav geologie a paleontologie) za veškerý věnovaný čas, výbornou spolupráci, poskytnuté materiály a obětavou pomoc, stejně tak jako za všechny rady a připomínky. Dále bych pak chtěla poděkovat RNDr. Františku Vackovi, Ph.D. (PřF UK, Ústav geologie a paleontologie) za poskytnuté materiály a konzultaci ke geologické části a RNDr. Ivanu Čepičkovi, Ph.D. (PřF UK, Katedra zoologie) za konzultaci k systematice.

## **ABSTRAKT**

První části pojednávají o systematice, obecné biologii foraminifer, morfologii jejich schránky, která je důležitá pro jejich systematické zařazení, a nakonec o ekologii. Následující část se týká charakteristiky devonu s důrazem na pražskou pánev a jeho stratigrafii plus charakteristiku vytipované lokality lomu Na Stydlých vodách pro odběr vzorků. Poslední část je srovnávací, kde jsou porovnány výsledky výzkumů ze světových lokalit spodního devonu s výsledky výzkumů spodnodevonských foraminifer v pražské pánvi.

## **ABSTRACT**

The first part is devoted to basic information on systematics, general biology of foraminifera, morphology of their tests which is important for taxonomy and also on ecology. The following section relates to characteristic of the Devonian, with the emphasis on the Barrandian area and its stratigraphy plus characteristic of the Na Stydlých vodách quarry where samples were taken for the purpose of this thesis. In the last part, results of the Early Devonian foraminifera of the Barrandian area research are compared with similar studies conducted abroad.

Klíčová slova: spodní devon, foraminifera, pražská pánev, Barrandien, Na Stydlých vodách, prag

## **OBSAH**

|  |    |
|--|----|
| 1. ÚVOD  | 6  |
| 2. SYSTÉM  | 6  |
| 3. BIOLOGIE FORAMINIFER  | 7  |
| <b>3.1. Buněčné tělo</b>   | 7  |
| <b>3.2. Potrava</b>  | 8  |
| <b>3.3. Pohyb</b>  | 8  |
| <b>3.4. Rozmnožování</b>   | 9  |
| <b>3.5. Růst</b>   | 10 |
| 4. MORFOLOGIE SCHRÁNEK FORAMINIFER                                 | 10 |
| <b>4.1. Morfologie schránky</b>                                    | 10 |
| <b>4.2. Perforace schránek</b>                                     | 11 |
| <b>4.3. Proloculum</b>   | 12 |
| <b>4.4. Komůrky</b>  | 12 |
| <b>4.5. Ústí</b>   | 13 |
| 5. EKOLOGIE FORAMINIFER  | 15 |
| <b>5.1. Charakteristika foraminifer devonu</b>                     | 15 |
| 6. GEOLOGIE  | 16 |
| <b>6.1. Devon</b>  | 16 |
| <b>6.2. Devon v České republice</b>                                | 17 |
| <b>6.3. Devon pražské pánve</b>                                    | 18 |
| <i>6.3.1. Stratigrafie devonu Barrandienu</i>                      | 19 |
| <b>6.4. Lom Na Stydlých vodách</b>                                 | 21 |
| 7. METODIKA  | 23 |
| 8. VÝSLEDKY VÝZKUMU FORAMINIFER SP. DEVONU<br>ZE SVĚTOVÝCH LOKALIT | 24 |
| <b>8.1. Austrálie</b>  | 24 |
| <b>8.2. Severní Amerika</b>  | 26 |
| <b>8.3. Polsko</b>   | 28 |
| 9. VÝSLEDKY VÝZKUMU SPODNODEVONSKÝCH<br>FORAMINIFER BARRANDIENU    | 28 |
| <b>9.1. Nalezeno na lokalitě Na Stydlých vodách</b>                | 30 |
| 10. ZÁVĚR  | 32 |
| 11. POUŽITÉ ZDROJE INFORMACÍ                                       | 33 |

## 1. ÚVOD

Bakalářská práce si klade za svůj cíl předložit v biologické části stručný přehled základní biologie a systematického zařazení foraminifer, shrnout hlavní morfologické znaky, které jsou pro paleontologický systém znaky taxonomickými a v neposlední řadě nastínit způsob jejich žití ve vztahu k prostředí. V geologické části se pak zaměřuje na charakteristiku devonu ve smyslu globálním, na charakteristiku pražské pánve a stratigrafii devonu a nakonec na popis lokality, ze které byly odebrány vzorky na diplomovou práci. Po metodické vsuvce následuje přehled starších publikací zaměřujících se konkrétně na foraminifery spodního devonu a vzájemné porovnání počtu nalezených druhů v kontextu s dosavadním výzkumem spodnodevonských foraminifer devonu pražské pánve u nás. A právě účelem této bakalářské práce je toto porovnání bohatosti zahraničních lokalit a spodnodevonských lokalit v Barrandienu.

## 2. SYSTÉM

První foraminifery byly popsány a zakresleny v 16. a 17. století, jelikož to bylo ještě před objevem mikroskopu, byly zkoumány pod lupou a díky jejich vzhledu podobnému hlavonožcům a měkkýšům byly brány za jejich drobné příbuzné. Roku 1826 francouzský vědec Alcide d'Orbigny popsal foraminifery jako hlavonožce ve své práci *Tableau Méthodique de la Classe des Céphalopodes*, dal název celé skupině foraminifery, a jako první ji detailně roztřídil (Boersma 1998).

Jméno těchto prvoků pochází z latinských slov „foramen“ (díra) a „fere“ (nést), v českém ekvivalentu je to pak dírkonošec nebo dírkovec.

Podle nejnovějších systémů na základě molekulárních fylogenezí recentních organizmů se foraminifery řadí do říše **Chromalveolata** (= Chromista), která se dělí na dvě skupiny – **Hacrobia** (Haptophyta, Cryptophyta) a **S. A. R.** (Stramenopiles, Alveolates, Rhizaria), do které patří foraminifery (ústní sdělení Čepička).

Zatímco recentní organismy lze systematicky řadit na základě molekulárních fylogenezí, pro fosilní zástupce je potřeba řídit se systémem na základě morfologie.

Tento systém zpracovali A. R. Loeblich & H. Tappan (1988):

Doména: *Eukaryota* Whittaker & Margulis, 1978

Říše: *Chromalveolata* = *Chromista*

Podříše: *Rhizaria* (patřící do S.A.R. dle nejnovějších studií)

Kmen: *Foraminifera* d'Orbigny, 1826 = *Granuloreticulosa*

Řád: *Foraminiferida* Eichwald, 1830

Podřád: *Allogromiina* Loeblich & Tappan, 1961

Podřád: *Textulariina* Delage & Herouard, 1896

Podřád: *Fusulinina* Wedekind 1937

Podřád: *Involutinina* Hohenegger & Piller, 1977

Podřád: *Spirillinina* Hohenegger & Piller, 1975

Podřád: *Miliolina* Delage & Hérourard, 1896

Podřád: *Lagenina* Delage & Hérourard, 1896

Podřád: *Robertinina* Loeblich & Tappan, 1984

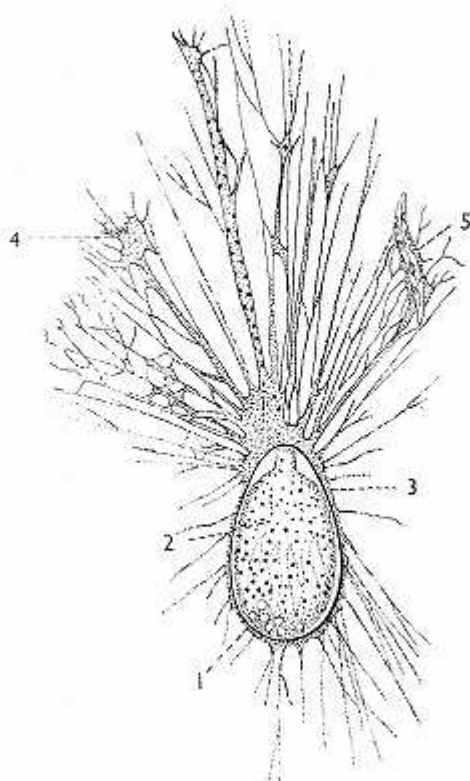
Podřád: *Rotaliina* Delage & Hérourard, 1896

Podřád: *Globigerinina* Delage & Hérourard, 1896

### 3. BIOLOGIE FORAMINIFER

#### 3.1. Buněčné tělo

Foraminifery (Obr. 1) jsou jednobuněčné eukaryotní organismy, jejichž tělo je tvořeno bezbarvou protoplasmou ohraničenou membránou. Cytoplasma je dvojího typu, buď jako buněčné tělo, tedy endoplasma; a nebo jako tenká vnější vrstva a retikulopodie na kontaktu s vnějším prostředím, tedy ektoplasma (Murray 2006). Buněčné tělo přebývá ve schránce, která se může skládat z jedné nebo více komůrek (viz kapitola Morfologie schránek). Jelikož foraminifery patří mezi jednobuněčné, nachází se v jejich protoplasmě všechny orgány typické pro buňku: jádro, Golgiho aparát, mitochondrie, ribozomy, peroxizomy, lyzozomy a vakuoly obsahující buď kapalnou nebo plynou náplň. Protoplasma se označuje jako bezbarvá, obsahuje však drobná organická barviva, endosymbionty, hnědé a červené tukové uloženiny (tuková tělíska) atd. jak je pozorováno u recentních žijících organismů (Boersma 1998). Mezi zmíněné endosymbionty foraminifer patří zelené a červené řasy, rozsivky a obrněnky, jejichž přínos spočívá v získávání energie z fotosyntézy, zlepšení kalcifikace schránky hostitele a pohlcení odpadních produktů z těla hostitele (Murray 2006).



Obrázek 1: Živá foraminifera. 1. schránka; 2. protoplasma uvnitř schránky; 3. tenká vrstva protoplasmu zvenčí schránky; 4. spojující se pseudopodie; 5. uchvácená potrava - rozsívka (Upraveno dle Schultzeho z Pokorného, 1954)

### 3.2. Potrava

Foraminifery k získávání potravy používají vysunování protoplasmatických panožek (retikulopodií), na které nalepí detrit a mechanismem podobným pojízdnému pásu dopraví jednotlivé částičky dovnitř schránky, kde je fagocytosou přesunou do potravních vakuol a enzymaticky natráví. Takto přijímají potravu několikrát za den. Živí se jako filtrátoři, pojídači detritu, herbivorií, omnivorií, karnivorií, jeden rod je znám jako parazitický (*Entosolenia*). Jejich potravu tvoří rozsívky, řasy (červené, zelené), bakterie či části organického materiálu (detrit). Planktonické druhy se pak živí ještě silikoflageláty a jiným nanoplanktonem (Boersma 1998).

### 3.3. Pohyb

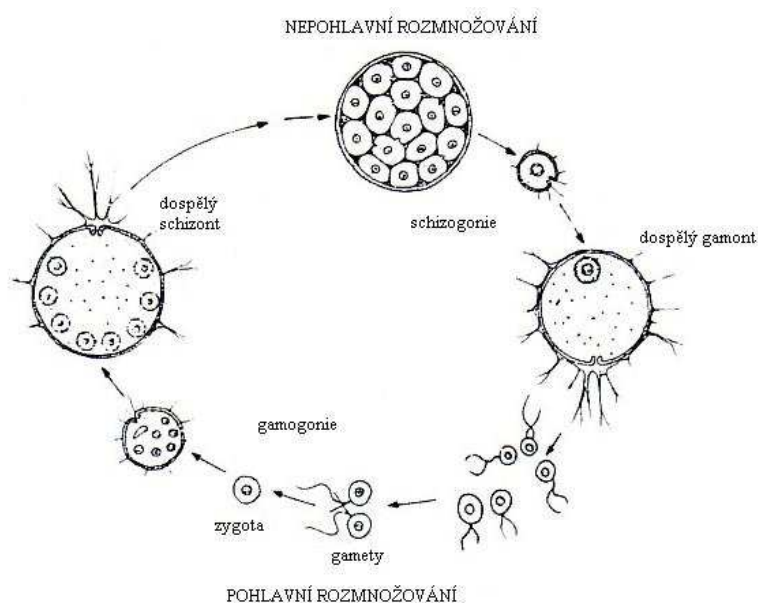
Bentické foraminifery mohou být buď sesilní nebo vagilní, kdy se pohybují pomocí pseudopodií po mořském dně, po stélkách řas či po jiném podkladu. Pohyb žijících organismů je celkem vysoký na organismus s délkou přibližně 0,5 mm – 1 cm/hod., což ztěžuje jejich laboratorní pozorování (Boersma 1998). Ale mohou se také pohybovat



pasivně a to v suspenzi ve vodním sloupci. To platí převážně pro gamety, zygoty a juvenilní stádia (Murray 2006).

### 3.4. Rozmnožování

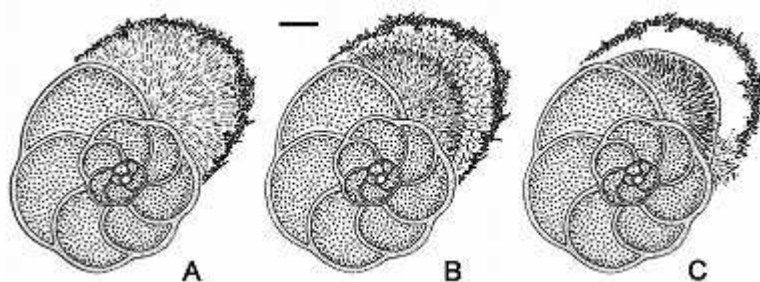
Životní cyklus foraminifer je charakteristický střídáním pohlavní a nepohlavní generace (Obr. 2). Jedinec vzniklý pohlavním rozmnožováním je označován jako schizont a jedinec vzniklý nepohlavním rozmnožováním jako gamont. Tedy dospělý gamont produkuje dvoubíčíkaté gamety, které při spojení (pohlavní rozmnožování) vytváří zygotu a tím dávají vzniknout schizontu, který se schizogonií (nepohlavní rozmnožování) rozpadá na gamonty. Díky střídání generací je u schránek foraminifer pozorován dimorfismus – podle velikosti první komůrky prolocula je schránka s velkou počáteční komůrkou makrosférická, s malou komůrkou mikrosférická. Makrosférická generace označována jako A forma (pohlavní, gamont) a mikrosférická jako B forma (nepohlavní, schizont). Dimorfismus nalezneme u bentických foraminifer, ne však u planktonických (Boersma 1998). Střídání generací je nejspíše závislé na ekologických podmínkách, respektive na vlastnostech vody. Mikrosférické formy tak převládají při stresových podmínkách, např. v zimě, zatímco v létě chybějí či jsou vzácné oproti makrosférickým. Makrosférickí jedinci jsou obecně hojnější. Mikrosférickí jedinci se pak objevují při zhoršených podmínkách a slouží k zachování druhu (Pokorný 1954).



Obrázek 2: Reprodukční cyklus foraminifer (Upraveno z Schnitkera dle Boersma, 1998)

### 3.5. Růst

Vícekomůrkové formy rostou plynule a periodicky. Při tvorbě nové komůrky vystoupí z poslední stávající komůrky protoplasma ve formě pseudopodií ven a začne se obalovat a vytvářet komůrku novou (Obr. 3). Některé vytvoří z cizorodého materiálu cystu, uvnitř které se tvoří nová komůrka, ale ke vzniku této cysty dojít nemusí. Nová komůrka se tvoří 5-8 hodin. Pro živočicha je periodický růst výhodný v tom, že se jeho životní činnost na stavbu nové schránky nemusí nepřetržitě soustředit (Pokorný 1954).



Obrázek 3: Utváření nové komůrky trochospirální schránky *Discorbis bertheloti*. A – rhizopodie ve vějíři vystupují z ústí na umbilikální straně; B – stahující se rhizopodie; C – sekrece nové komůrky.

Měřítko = 0.5 mm.

(Upraveno z Tyszka et al., 2005 dle <http://www.eforams.icsr.agh.edu.pl/index.php/Morphogenesis> )

## 4. MORFOLOGIE SCHRÁNEK FORAMINIFER

### 4.1. Morfologie schránek

Jednotlivé druhy odlišuje právě jejich různorodost ve stavbě schránek a jejich tvarech. První odlišností je struktura schránek, která je postavena buď z okolního materiálu nebo karbonátovou mineralizací a nebo kombinací obojího. Rozeznáváme proto schránky **organické** (tektinové), **aglutinové** a **sekreční** ( $\text{CaCO}_3$ ).

*Organické (tektinové) schránky* – nejprimitivnější, zlatavé, dříve mylně označovány jako schránky chitinové. Vývojem schránek došlo ke zpevnění pomocí aglutinace a nebo sekrece.

*Aglutinované schránky* – představují částičky externího materiálu na vrstvě tektinu (protein a polysacharid) – cementace možná kalcitem, křemíkem, extracelulární protoplasmou nebo smíchanými materiály. Částičky materiálu mohou být minerální zrna, schránky jiných mikroorganismů (např. schránky rozsivek či jehlice hub) atd. Některé druhy je selektivně vybírají. V těchto typech schránek můžeme nalézt i tzv. labyrintové – hladká mikrogranulátní stěna je pokryta vnitřní houbovitou vrstvou,

kteřá je provrásněná i dovnitř komůrek schránky. Živočich sekrecí vylučuje tmel (tektinový, vápnitý, s obsahem železa, křemité) a stmeluje cizorodé částičky selektivně vybírané (např. rod *Psammospaera*: *P. fusca* volí písková zrna, *Ps. testacea* schránky jiných foraminifer, *Ps. bowmani* lupínky slídy a *Ps. rustica* jehlice hub).

*Vápnité schránky – hyalinní* – stěny recentních foraminifer svou průsvitností a průhledností připomínají sklo (Pokorný 1954) a jsou tvořeny sekrecí uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ). Hyalinní vápnité schránky jsou posety množstvím nepatrných pórů. Záleží na orientaci kalcitových nebo aragonitových krystalů – pokud jsou uspořádány prizmaticky, jedná se o radiální pozici, pokud náhodně, jedná se o zrnitou. Další rys těchto schránek je laminace – každá nová vrstva nové komůrky pokryje i komůrky předchozí (vzniká tak několikavrstevnatá stěna, kdežto poslední komůrka má vrstvu jen jednu) (Boersma 1998). Typické hyalinní schránky mají stěny složeny z kalcitových hranolků postavených kolmo k povrchu stěny (Pokorný 1954).

*Vápnité schránky – porcelanní* – lesklé, hladké, bývají dvouvrstvé, vnitřní vrstva je proteinová, vnější vápnitá - kalcitová ( $\text{CaCO}_3$ ), některé druhy mají ještě třetí aglutinovanou vrstvu na vápnité (např. *Dentostomina*) (Boersma 1998). Tyto schránky jsou porcelánové vzhledem, tedy mléčně bílé a neprůsvitné, což je nejspíše způsobeno množstvím vápnitých krystalků ve stěně, které dopadající světlo lomí i odráží. Orientace těchto krystalků se může měnit během ontogeneze jedince. Jejich stěny většinou nemají póry. Tyto schránky mají v procházejícím světle hnědou barvu, což je pro ně jev charakteristický, fosilizací však někdy mizí (Pokorný 1954).

*Vápnité mikrogranulární schránky* – při dopadu světla cukrový vzhled. Mikročástičky kalcitu jsou cementované kalcitovým tmelem. Představují spojující článek mezi aglutinovanými a sekrečními schránkami (Pokorný 1954).

#### **4.2. Perforace schránek**

Perforace je dalším významným systematickým znakem – především tedy hustota a velikost pórů. Jsou charakteristické pro aglutinované a pro hyalinní sekreční schránky, ne však pro porcelanní sekreční (Boersma 1998). Velikost pórů je proměnlivá u forem i během ontogeneze jednoho jedince. Jednotlivými póry vystupují rhizopodie nebo jsou póry tak velké, že tvoří přechod k tzv. ústím (Pokorný 1954).

### 4.3. Proloculum

Takto je nazývána první (počáteční či iniciální) komůrka a taktéž patří mezi významné systematické znaky. Proloculum může být s dalšími komůrkami spojena prostým otvorem – pak je nazývána proloculem orthostylním, je-li spojena spirálně zakřiveným průchodem, pak proloculem flexostylním. Nukleokonchou nazýváme zárodečnou část tvořenou ze dvou a více komůrek odlišitelných od ostatních (Pokorný 1954).

### 4.4. Komůrky

Foraminifery jsou jednokomůrkové nebo mnohokomůrkové (Obr. 4). Komůrky následující za proloculem nabývají na objemu a mohou tvořit různé tvary. Důležité pro popisování morfologie mnohokomůrkové schránky je styl vinutí ve spirále, počet komůrek v jednom závitě a vinutí v prostoru. Pokud překrývají předchozí závity a ty nejsou vidět, nazývá se schránka involutní, pokud jsou závity patrné, nazýváme ji evolutní. Strana, na které je vidět směr stáčení je označována za spirální stranu, opačná pak umbilikální - ovšem pístěť nemusí být vždy patrný. Dalším morfologickým prvkem u vícekomůrkových schránek je počet komůrek v jednom závitě – jedna komůrka v jednom závitě je schránkou monoseriální; pokud jsou v jednom závitě dvě komůrky, jedná se o biseriální; pokud tři, tak o triseriální schránku. Jednotlivé komůrky jsou spojené suturami (švy), které mohou být jednoduché, vroubkované, vypouklé nebo mohou být jinak zdobené (následně vyztužené vápníkem a nazývané limbátní) a uvnitř odděleny septy (přepážkami). Některé schránky mohou být také zdobené různými žebry, hrbolky, trny atd. (Boersma 1998).

Rozdělení na základní morfologické typy:

1) Jednokomůrkové (v podobě rourky, baňky, stočené do spirály)

2) Mnohokomůrkové

a. *podle počtu řad komůrek* - **monoseriální** (1 řada)

- **biseriální** (2 řady)

- **triseriální** (3 řady)

b. *podle stylu vinutí u spirálních* - **evolutní** (jsou vidět jednotlivé závity)

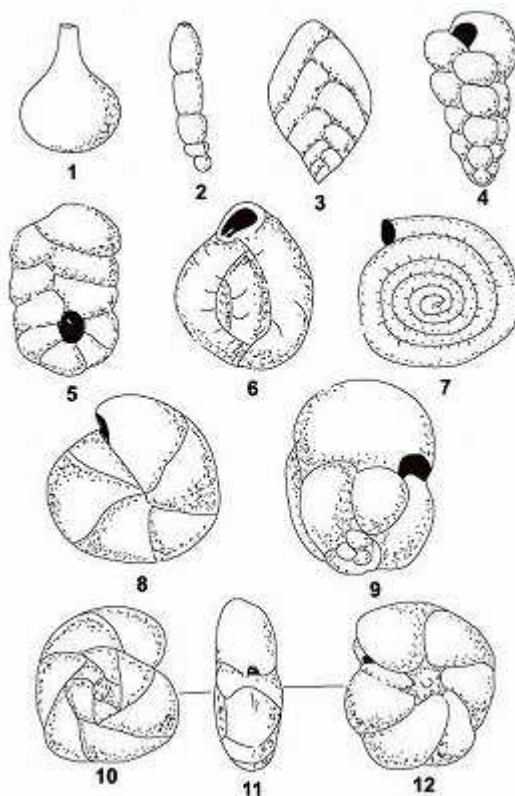
- **involutní** (nejsou vidět jednotlivé závity)

c. *podle vinutí v prostoru*

- **planispirální** (ploše spirální)

- **trochospirální** (prostorově  
spirální)

Jednotlivé typy mohou tvořit různé přechody a speciální modifikace (lomená spirála v několika větvích klubíčkovitě vinuté nedělné rourky typické pro např. čeleď Miliolidae; stočená biseriální rourka atd.) (Pokorný 1954).

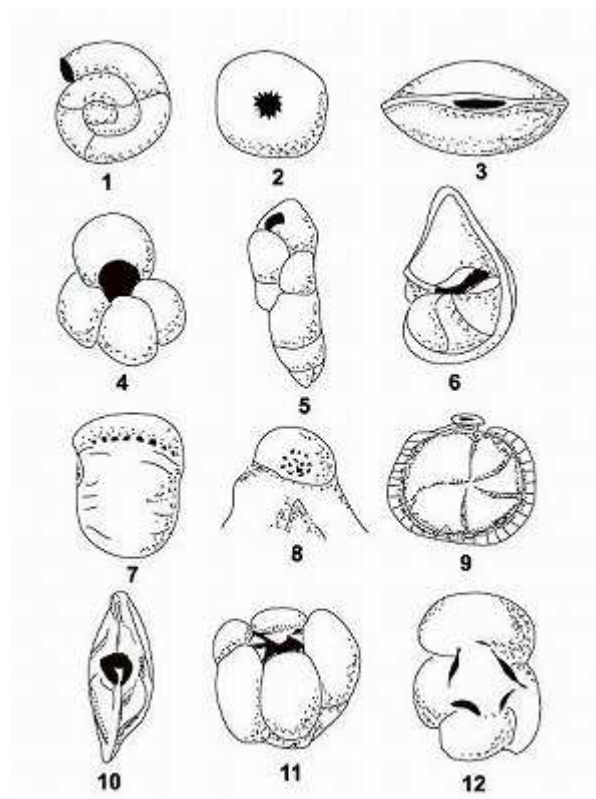


Obrázek 4: Ukázky několika typů. Schránka (1) jednokomůrková; (2) uniseriální; (3) biseriální; (4) triseriální; (5) planispirální; (6) miliolinní; (7) planispirální evolutní; (8) planispirální involutní; (9) streptospirální; (10-12) trochospirální (pohledy 10 - dorzální; 11 – ze strany; 12 ventrální). (Upraveno z Loeblich and Tappan, 1964 dle E. Thomas, <http://ethomas.web.wesleyan.edu/BFhandout.htm> )

#### 4.5. Ústí

Jedná se o velký otvor, kterým foraminifera komunikuje s okolím a při tvorbě nové komůrky z tohoto otvoru vystupuje protoplasma. Na poslední komůrku může být ústí napojeno ozubením, nebo trubičkou v podobě sifonu (Boersma 1998). Tvar a poloha (případně počet) ústí patří mezi důležité systematické znaky (Obr. 5).

- 1) **Poloha** - *bazální* – při vnitřní sutuře čelní stěny poslední komůrky; *obvodové* – při obvodu; *umbilikální* – pupeční, u pístěle; *suturální* – v sutuře; *terminální* – u forem s přímočarým sledem komůrek v jedné řadě
- 2) **Tvar**- *okrouhlý*; *polokruhovitý*; *štěrbínovitý*; *slzovitý*; *radiální* - paprsečítý; *na krčku* (či *pysku*, *hrdlu*); *se zuby*; *s rourkou* – tzv. entosoleniální rourka; *dendriticky větvená*
- 3) **Počet** - *jednoduché* – jedno ústí; *řešetovitá* – množství drobnějších otvůrků zabírající velkou část čelní stěny; *zmnožená* – složené ústí ze série drobnějších otvůrků; *několik ústí na více komůrkách* (Pokorný 1954)



Obrázek 5: Některé tvary a polohy ústí u foraminifer. (1) otevřený konec spirálně zavinuté rourky; (2) terminální radiální; (3) terminální štěrbinovitý; (4) umbilikální; (5) okrouhlé až slzovité; (6) obvodové a bazální; (7) zmnožené ústí obvodové; (8) řešetovité; (9) s lahvičkovitým hrdlem; (10) se zoubkem; (11) s umbilikálními zuby; (12) s umbilikální výdutí. (Upraveno z Loeblich and Tappan, 1964 dle E.Thomas, <http://ethomas.web.wesleyan.edu/BFhandout.htm> )

## 5. EKOLOGIE FORAMINIFER

Převážná většina jich žije bentickým způsobem života na bahnitém dně a to buď jako epifauna (na substrátu) a nebo jako infauna (v substrátu) (Murray 2006). Jednotlivé formy jsou buď vagilní, nebo volně přisedlé např. na stélkách mořských řas a nebo žijí trvale přisedle, pak mohou mít spodní část schránky modelovanou podle podložky. Poměrně malé procento z druhového množství foraminifer žije planktonicky. Tyto pelagické formy jsou pro život uzpůsobeny tvarovou adaptací (kulovitý tvar, tenké dlouhé vápenité jehličky pro vznos, které se fosilně nezachovávají, vysoce perforovaná schránka) (Pokorný 1954).

Foraminifery mohou žít v sladkých vodách, brakických, slaných i hypersalinních, tedy v rozpětí 0 až 70 ‰. Nejvíce druhů s nejvyšší diverzitou je možné najít v normální salinitě, tedy od 32-37‰. Jejich rozpětí je široké i v teplotní valenci, mohou být v chladných polárních vodách, ale i v horkých tropických, teplotní limit je 45 °C (Murray 2006). V chladných vodách převládají aglutinované formy tmelené křemitým nebo tektinovým tmelem, protože studené vody obsahují velké množství kyslíčnicku uhličitého, který vápenité schránky rozpouští. Mnohé aglutinované druhy dosahují ve studených vodách značných rozměrů, oproti vodám teplým. Oproti tomu v nejteplejších vodách při korálových útesech jsou charakteristické velké vápenité formy, protože nejintenzivněji je vápenec vylučován v teplých vodách (Pokorný 1954). Důležité pro foraminifery je množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, které je podmíněno teplotou a salinitou vody. Optimální koncentrace kyslíku pro foraminifery je v oxickém prostředí ( $>1,0 \text{ ml l}^{-1}$ ;  $>45 \text{ } \mu\text{M}$ ), zatímco anoxické až dysoxické prostředí (od 0 do  $0,2\text{-}0,1 \text{ ml l}^{-1}$ ;  $9\text{-}45 \text{ } \mu\text{M}$ ) je pro foraminifery prostředím kritickým, kde se nevyskytují. (Murray 2006).

### 5.1. Charakteristika foraminifer devonu

Foraminifery v tomto období se vyznačovaly bentickým způsobem života s převahou aglutinovaných jednokomůrkových schránek. V devonu však nastala i velká radiace zapříčiněná dvěma evolučními změnami: (1) přechodu z jednokomůrkových schránek k vícekomůrkovým díky vyvinutí sept a sutur a umožňující tak periodický růst a (2) utváření nového typu schránek a tím byla schránka vápnitá mikrogranulární (Boersma 1998).

## 6. GEOLOGIE

### 6.1. Devon

Období devonu patří do paleozoika a dělí se na tři oddělení - spodní, střední, svrchní (Tab. 1). Mezinárodním stratotypem hranice silur/devon je profil na Klonku u Suchomast na Berounsku, kterou vymezuje první výskyt vůdčího devonského graptolita *Monograptus uniformis* (Chlupáč a kol. 2002). Stupně spodního devonu lochkov a prag jsou definovány stratotypy v Barrandienu, ems v Uzbekistánu. Stupeň středního devonu eifel v Rýnském břidličnatém pohoří a givet v Maroku. Stupně svrchního devonu frasn a famen v Montagne Noire ve Francii (Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy 2009).

374.5 ± 2.6 Ma

|       |         |         |                  |
|-------|---------|---------|------------------|
| Devon | Svrchní | Famen   |                  |
|       |         | Frasn   |                  |
|       | Střední | Givet   |                  |
|       |         | Eifel   |                  |
|       | Spodní  | Ems     | Svrchní = dalej  |
|       |         | Ems     | Spodní = zlíchov |
|       |         | Prag    |                  |
|       |         | Lochkov |                  |

416 ± 2.8 Ma

Tabulka 1: Schéma dělení devonu (dle International Commission on Stratigraphy )

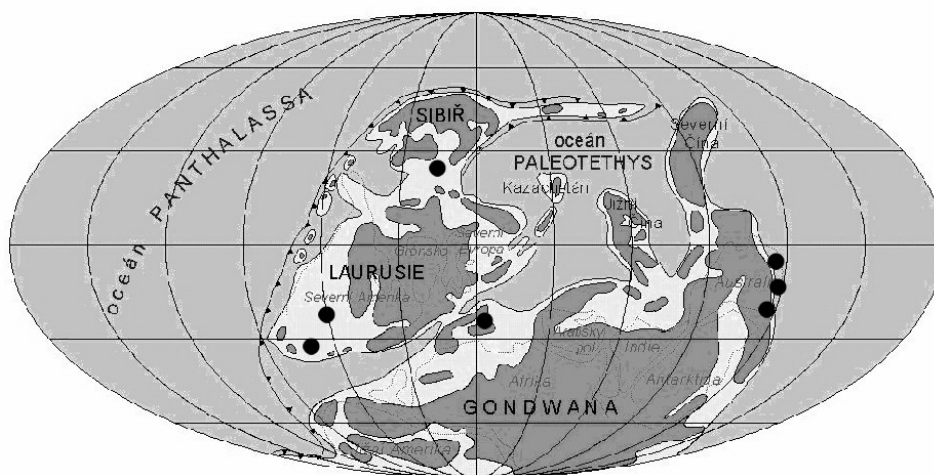
Vývoj devonských organismů a sedimentace ovlivňovaly eventy (globální události), především eustatické změny hladiny oceánů podmíněné klimatickými výkyvy. Mezi ně patří regresivní event při hranici lochkov/prag, transgresní eventy dalejský, chotečský a kačácký (spodní a střední devon) a kellwasserský event při hranici frasn/famen, který indikuje nejdramatičtější klimatickou změnu v devonu – prudké ochlazení a vymírání mnohých organismů. Nejvyšší transgrese (nejvyšší stav hladiny oceánu) spadá do období givetu a frasnu, kdy se zvětšují plochy šelfů, což je příznivé pro vznik karbonátových platforem a korálo-stromatoporoidových útesů až do kellwasserského eventu (Chlupáč a kol. 2002).

Z paleogeografického hlediska (Obr. 6) došlo ke kolizi Laurentie a Baltiky za vzniku Laurussie, kdy doznívají účinky kaledonského vrásnění ve spodním devonu;



a k počínající kolizi Laurussie a Gondwany za pozdějšího vzniku Pangey – nástupu variského vrásnění (=hercynského) od středního devonu. Tedy celkové rozložení kontinentů se vyznačovalo posouváním sz. okraje Gondwany k severu, do tropického pásma jižní polokoule, což se týkalo i jádra Českého masivu. Tímto posunem se značně redukovala oblast Rheického oceánu mezi Gondwanou a Laurusií a zároveň tímto posunem kontinentů do teplých klimatických pásem se setřely zoogeografické rozdíly. Proto lze srovnávat českou faunu například s faunami Střední Asie, jihovýchodní Číny a jihovýchodní Austrálie i arktické části Kanady. V chladném pásmu pak byly jižní části Gondwany, kde je vývoj siliciklastický, tedy bez vápenců a fauny patří k chladnovodní malvinokaffrické provincii (Jižní Amerika, jižní Afrika a Antarktida), zatímco teplý klimatický pás se vyznačoval vápencovým vývojem (Chlupáč a kol. 2002).

spodní devon (390 Ma)



Obrázek 6: Paleogeografie spodního devonu s přibližným vyznačením nálezů spodnodevonských foraminifer (Upraveno dle D. Kouřil: <http://www.geology.upol.cz/spdevon.jpg> )

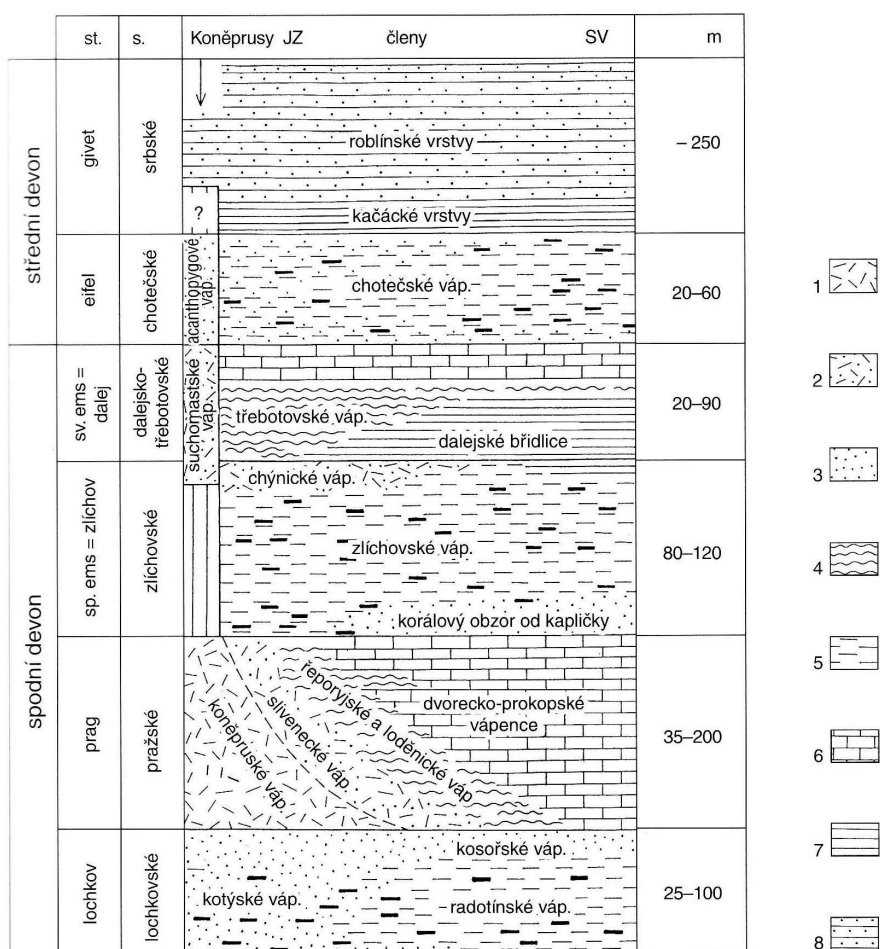
## 6.2. Devon v České republice

Devonské uloženiny u nás nesou jasné znaky tropického klimatu nízkých zeměpisných šířek na jižní polokouli (podle paleogeografických a paleomagnetických rekonstrukcí). V Čechách je hlavní oblastí výskytu devonských sedimentů Barrandien v pražské pánvi, další výskyty jsou pak v západosudetské oblasti na Ještědském hřbetu, v Železných horách, v podloží české křídové pánve a v metamorfovaných „ostrovech“

na Rožmitálsku. Větší rozšíření devonských sedimentů i vulkanitů je v moravskoslezské pánvi (Chlupáč a kol., 2002).

### 6.3. Devon pražské pánve

Pražská pánev je oblast rozkládající se mezi Prahou a Plzní, spolu s uloženinami devonu se zde z paleozoických uloženin nalézají i sedimenty ordovické a silurské. Devonské sedimenty jsou uloženy v centrální části pražské pánve jako denudační zbytek mezi Prahou a okolím Berouna. Na vrstvách siluru spočívají konkordantně, tedy i vývoj fauny přecházel ze siluru plynule do devonu.



Obrázek 7: Stratigrafické schéma devonu v Barrandienu. 1 – světlé útesové a s nimi spjaté bioklastické vápence; 2 – červenavé bioklastické vápence; 3 – šedé bioklastické vápence; 4 – červenavé, převážně mikritové vápence; 5 – vrstevnaté šedé, převážně bioklastické až biomikritové vápence; 6 – šedé mikritové, převážně hlíznaté vápence; 7 – vápnité břidlice; 8 – střídání prachovců, pískovců a podřízených jílových břidlic (flyšoidní sedimenty); krátké silné vodorovné čáry – hojný výskyt rohovců; svislé čáry – stratigrafický hiát; st. – stupně; s. – souvrství; váp. – vápence.

(Chlupáč a kol. 2002)

Sedimenty spodního a nižšího středního devonu se vyznačují vápencovým vývojem, kde můžeme rozlišovat opakované kombinace hlubokovodnějších, velmi jemnozrnných (mikritových) vápencových facií s faciemi mělkovodnějších vápenců bioklastických, převážně krinoidových. Barrandien je typickou oblastí pro řadu eventů, jejichž názvy jsou odvozeny od zdejších stratigrafických jednotek (Chlupáč a kol., 1998).

### 6.3.1. Stratigrafie devonu Barrandienu

První, kdo rozpoznal a charakterizoval devon byl J. Barrande (1846, 1852), který označoval vrstvy pomocí písmen a číslíc, jeho následovníky byli M.V. Lipold a J. Krejčí (1860), kteří k písmenům a číslícím přiřadili konkrétní názvy. R. Kettner a O. Kodým (1919) některé jednotky přejmenovali a rozdělili. Po 2. světové válce J. Svoboda a F. Prantl ustanovili mnoho nových jednotek. Naposledy stratigrafický výzkum (Obr. 7) redefinoval I. Chlupáč (1957 - 1982), kdy také byla definována hranice silur – devon na základě výskytu graptolita *Monograptus uniformis* (Chlupáč a kol., 1998).

### *Spodní devon*

Lochkovské souvrství stupně lochkov má spodní hranici totožnou s hranicí silur-devon. Je vyvinuto ve dvou hlavních faciích:

1. **Radotínské vápence** (definoval Chlupáč, 1953) – střídání tmavě šedých jemnozrnných bituminózních vápenců a černošedých vápnitých břidlic, hojně jsou černé rohovce a rozptýlený pyrit. Sedimenty vznikaly v anoxickém prostředí, bentózní fauna je ochuzená, hojně jsou však zbytky nektonních a planktonních organismů. V této facii je i stratotyp hranice silur-devon na Klonku u Suchomast. Radotínské vápence jsou dále u parastratotypu na Budňanské skále u Karlštejna, Kosoř a Radotín.
2. **Kotýské vápence** (definovali Svoboda a Prantl, 1949) – světlejší šedé, bioklastické krinoidové vápence usazované v mělkovodním prostředí. Jejich areály leží na bývalých silurských vulkanických elevacích, např. okolí Svatého Jana pod Skalou.

Přechodným typem mezi radotínskými a kotýskými vápenci jsou **kosořské vápence** (definoval Chlupáč, 1985) – jemně bioklastické s menším podílem břidličnatých vložek, ale s tmavým zbarvením a deskovitou vrstevnatostí jako radotínské vápence.

Zesvětlení hornin v stupni pragu bylo zapříčiněno eustatickým poklesem mořské hladiny (lochkovsko-pražský event) a je tvořeno pražským souvrstvím:

1. **Vápence dvorecko-prokopské** (definoval Chlupáč, 1955) – šedé, velmi jemnozrnné a často hlíznaté, usazované v nejhlubším a nejkldnější prostředí. Lokality Kosoř a Tetín – Damil.
2. **Vápence řeporyjské** (definoval Kodym, 1919) – červenohnědé jemnozrnné hlíznaté vápence
3. **Vápence loděnické** (definoval Chlupáč, 1955) – pestře skvrnitě deskovité vápence s kupovitými strukturami typu *mud mounds* („kalové kupy“)
4. **Vápence slivenecké** (definoval Kettner, 1917 a Kodym, 1919) – růžově a červenavě zbarvené krinoidové vápence
5. **Vápence vinařické** (definoval Kettner, 1917 a Kodym, 1919) – červenavé bioklastické a biomikritické vápence
6. **Vápence koněpruské** (definovali Lipold a Krejčí, 1860) – bělavé a světle šedé krinoidové vápence, tvoří typický útesový komplex

Stupeň zlíchov (spodní ems) je tvořen souvrstvím zlíchovským, jehož spodní polohy charakterizuje tzv. **korálový obzor** (definoval Kettner 1917), tvořený polohami hrubě bioklastických vápenců a sedimentárních brekcií. **Zlíchovské vápence** (definoval Kettner, 1917) jsou jinak běžně šedé s hojnými černými rohovci. V nejvyšší části souvrství pak místy leží červenavé krinoidové **chýnické vápence** (definovali Svoboda a Prantl, 1948) (Chlupáč a kol., 1998).

Stupeň dalej (svrchní ems) se projevuje transgresí moře (tzv. dalejský event) a nástupem facie zelenošedých vápnitých **dalejských břidlic** (definoval Krejčí, 1877), které směrem do nadloží přecházejí do světlých, velmi jemných a hlíznatých **vápenců třebotovských** (definovali Svoboda a Prantl, 1947). Tyto vápence a břidlice tvoří dalejsko-třebotovské souvrství, do jehož vyšší části spadá i nejmladší projev podmořského vulkanismu v Barrandienu indikován výlevy alkalických bazaltů až pikrobazaltů doprovázený polohami tufů a tufitů u Chýnice a Chotče. Díky transgresi moře přes erodovaný povrch vynořené starší elevace koněpruských vápenců sedimentovaly **suchomastské vápence** (definoval Chlupáč, 1957). Starší útes je také

prostoupen rozsedlinami – **neptunickými žilami** – jejichž výplní mohou být právě suchomastské vápence (Chlupáč a kol., 1998).

#### *Střední devon*

Stupeň eifel je reprezentován chotečským souvrstvím, ve kterém je převaha tmavě šedých **chotečských vápenců** (definovali Svoboda a Prantl, 1948) s rohovci; a světle šedé krinoidové **acanthopygové vápence** (definovali Svoboda a Prantl, 1949) s hojným bentosem. Faciální změna na jeho bázi – tzv. chotečský event indikuje ztmavnutí sedimentů, pokles prokysličení a turbiditní proudy, zřejmě vliv prohloubení pánve (Chlupáč a kol., 1998).

Nejmladší stupeň Barrandienu givet charakterizován **srbským souvrstvím** (definoval Krejčí, 1877), na jehož bázi je náhlá změna charakteristická nástupem černošedých vápnitých břidlic (**kačácké vrstvy** – definovali Svoboda a Prantl, 1950) tzv. kačácký event, který je vysvětlován eustatickým zdvihem mořské hladiny a ochlazením oceánských vod. Následují vrstvy **roblínských vápenců** (definovali Svoboda a Prantl, 1950), které se vyznačují zesvětlením a zvýšeným přínosem pevninského materiálu (střídání šedých a zelenavých prachovitých břidlic, prachovců a drobovitých pískovců). Tato změna sedimentace se nazývá roblínský event a byl zřejmě vyvolán tektonickou aktivitou (Chlupáč a kol., 1998).

#### *Svrchní devon*

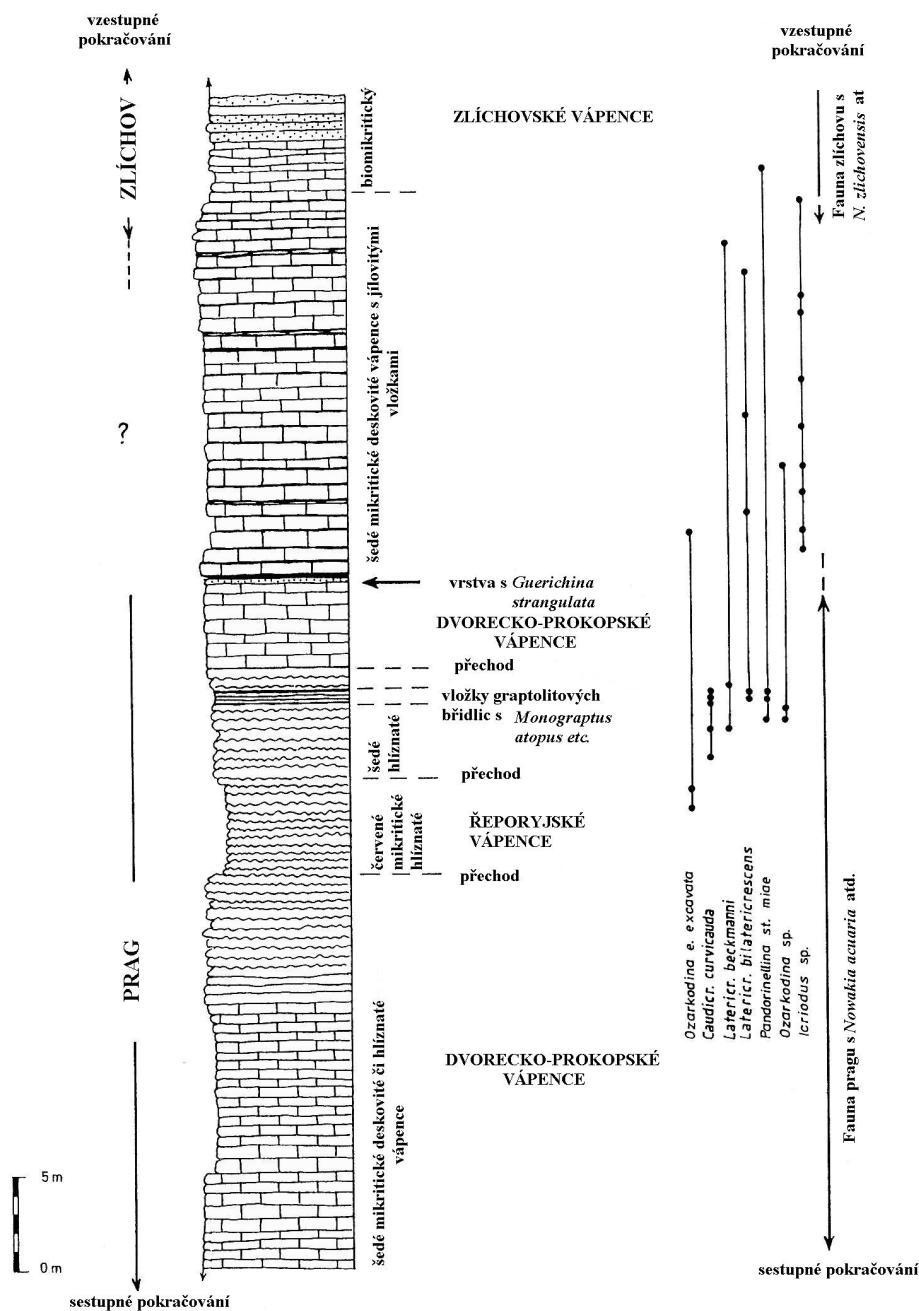
Famen a frasn nejsou v sedimentaci zachyceny (Chlupáč a kol., 1998).

### **6.4. Lom Na Stydlých vodách**

Opuštěný lom Na Stydlých vodách nebo také Lom Paraple se nachází asi 1,5 km Z od obce Bubovice a 1 km SV od obce Svatý Jan pod Skalou. Zdejší lokalita odpovídá spodnodevonskému sledu pražského a zlíčovského souvrství obsahujícímu vápence:

- 1) Koněpruské (prag) – bioklastický, světle šedý
- 2) Slivenecké (prag) – bioklastický, narůžovělý
- 3) Loděnické (prag) – biomikritický, šedý či žlutavý s červenými skvrnami, deskovitý

- 4) Dvorecko-prokopské (prag) – mikritický, hlíznatý nebo deskovitý, světle šedý s vápnitými břidlicemi a ve svrchní části s tenkými vložkami tmavých graptolitových břidlic
- 5) Řeporyjské (prag) – červený, mikritický a značně hlíznatý
- 6) Zlíčovské (zlíchov) – biomikritický, tmavě šedý s tmavými rohovci
- 7) Chýnické (zlíchov) – krinoidové červeně zbarvené (Chlupáč 1986).



Obrázek 8: Sled vápenců u hranice prag/zlíchov v lomu Na Stydlých vodách s tentakulity a konodonty (Upraveno z Chlupáč – Lukeš 1999)

Stupeň prag je určen podle tentakulitové zonace přítomností *Nowakia acuaria acuaria*, zlíčovské tentakulitem *Nowakia zlichovensis*, hranice (Obr. 8) mezi pražským a zlíčovským souvrstvím není jasně určena (Chlupáč – Lukeš 1999). Přesnou hranici prag/zlíchov pomocí konodontové zonace také nelze přesně určit, protože zdejší sedimenty jsou na konodoty chudé, avšak ze získaných dat lze určit zóny *C. celtibericus* a *L. gracilis* (Slavík, 2004). Zdejší lokalita je význačná nálezem nejmladších graptolitů *Monograptus atopus* a *Monograptus yukonensis* v břidličnatých vrstvách dvorecko-prokopských vápenců (Bouček 1966). Dále pak zde ve vrstvách hlíznatých řeporyjských vápenců byly nalezeny drobné čočky sedimentárních ferolitů s unikátním složením oproti známým ordovickým oolitickým železným rudám. Tyto obsahují přítomnost až několik centimetrů velkých onkoidů, pisoidů, kortoidů a úlomků ferikrusty (Skoček – Kukal, 1998).

Řeporyjské vápence obsahují velice malé množství makrofosílií jako tentakulity, brachiopody a trilobity. Z mikrofosílií vedle foraminifer obsahuje dále tentakulity, ostrakody, jehlice hub a zbytky lilijic. Dvorecko-prokopské vápence jsou na makrofosílie chudé, obsahují většinou vedle foraminifer jehlice hub, ostrakody, brachiopody, články lilijic, mechovky a konodoty. Zlíčovské vápence obsahují trilobity, brachiopody, tentakulity a tabulátní korály, jehlice hub, články lilijic (Chlupáč – Lukeš 1999).

## 7. METODIKA

Metodika je založená na separování schránek z odebraných vzorků a jejich následná analýza. Z vybrané lokality se odeberou vzorky o hmotnosti cca 0,5 kg a za pečlivé dokumentace (lokalizace pomocí GPS, fotografická dokumentace, zakreslení poloh a popis jednotlivých vrstev) se uskladní nejlépe v uzavíratelných plastických pytlíčcích. Následné zpracování vzorků spočívá v zalití menších částí odebraných vzorků 8% kyselinou octovou, případně 4% (tedy postačí běžný potravinářský ocet, případně jeho zředění). Schránky foraminifer byly zatím nejhojnější v rozpouštění 8% kyselinou. Vzorky se nechají rozpouštět po dobu cca 7 dní v kyselině, poté se slijí přes hrubé a jemné síto, které oddělí frakci o velikosti cca 2 – 0,063 mm. Velké kusy, které zachytí hrubé síto, se znovu zalijí kyselinou octovou, jemná usazenina (acidorezistentní reziduum), která zůstane na jemném sítě se vysuší na Petriho miskách. Takto se postup opakuje po dobu několika týdnů (3-4). Z Petriho misek se separují jednotlivé

foraminifery vybírací jehlou pod binokulární lupou a ty se pak umisťují na oboustranou lepenku připevněnou na vhodný kovový podklad. Následně se zhotovený preparát pozlatí a detailněji zkoumá pod elektronovým mikroskopem typu JEOL JSM-6380. Jinou metodiku uvádí Bell a Winchester-Seeto (1999), kdy menší části vzorků zalijí 10% HCl dokud se nerozpustí všechny karbonáty a následné zalití 50-70% HF po dobu 1-4 dnů. Následuje oddělení frakce přes jemné síto (53μm).

Následná analýza získaného vzorkového materiálu se vyhodnocuje semikvantitativní metodou (hojný – běžný – vzácný – velmi vzácný), protože rozpouštění vzorků nedovoluje přesný přepočít hojnosti schránek (Holcová 2004). Dle Holcové (2003) lze hojnost foraminifer také udávat v tzv. foraminiferovém čísle, kdy se do rovnice dosadí váha odebraného vzorku horniny v gramech ( $w_{rs}$ ), acidorezistentního rezida v gramech ( $w_{ir}$ ), nerozpuštěné kousky horniny v gramech ( $w_{rp}$ ) a počet foraminifer v 1 gramu rezidua ( $A_{ir}$ ):

$$F.číslo = \frac{A_{ir} \cdot w_{ir}}{w_{rs} - w_{rp}}$$

## 8. VÝSLEDKY VÝZKUMU FORAMINIFER SP. DEVONU ZE SVĚTOVÝCH LOKALIT

Nálezy foraminifer (Obr. 6) spodního devonu jsou známy z lokalit v Severní Americe, v Austrálii, v Sibiři, v Polsku a v ČR. Tabulka (Tab. 2) ukazuje v přehledu lokality, jejich stáří a hlavně druhovou bohatost zahrnující druhy určené, druhy nové i popsané pouze do rodu. K lokalitám světovým jsou pro porovnání přidány i údaje z Barrandienu. Z tabulky vyplývá, že nejlépe prozkoumané a druhově bohaté jsou lokality v Barrandienu a v Austrálii. V následujícím přehledu je pak konkrétně uvedeno jaké druhy v dané lokalitě byly nalezeny a které popsány jako nové.

### 8.1. Austrálie

Oblast Austrálie patří mezi lokality dobře prozkoumané a na foraminiferová společenstva bohaté. K. N. Bell (1996) popsal spodnodevonské aglutinované foraminifery ve státě Viktorie (oblast Buchan a Bindi).

Jako nové popsal: *Cystringarhiza mawsonae*, *Cystringarhiza corona*, *Cystringarhiza tribracchia*, *Cystringarhiza furca*, *Astrorhiza triquetra*, *Astrorhiza constans*, *Astrorhiza sinus*, *Cylindrammina stolonifera*, *Hyperammina reflua*, *Hyperammina proboscis*, *Rhabdammina proavita*, *Saccorhiza surculus*, *Stomasphaera cyclops*, *Patellammina*



*prona*, *Hromosina divitiae*, *Reophax troca*, *Lagenammina talenti*, *Lagenammina laxacolla*, *Lagenammina ovata*, *Lituotuba torquata*, *Lituotuba helix*, *Thurammina zaramama*, *Webbinelloidea crassus*, *Pelosina grandaeva*, *Kerionammina prolata*, *Tolypammina anguinea*, *Tolypamina tantula*, *Ammovertella calyx*.

Vedle nových druhů dále popsal: *Rhabdammina linearis* Brady; *Psammosphaera cava* Moreman; *Sorosphaera* sp. cf. *S. confusa* Brady; *Stegnammina cylindrica* Moreman; *Saccammina biosculata* Moreman; *Saccammina cumberlandiae* Conkin; *Hyperammina* sp.; *Lagenammina sphaerica* Moreman; *Lagenammina stilla* Moreman; *Ordovicina eisenacki* Conkin & Conkin; *Thurammina echinata* Dunn; *Thurammina subsphaerica* Moreman; *Thurammina tributa* Dunn; *Thurammina foerstei* Dunn; *Metamorphina tholus* Moreman; *Thuramminoides sphaeroidalis* Plummer; *Hemisphaerammina* sp. Loeblich & Tappan.

| Autor                                   | Lokalita   | Stáří sedimentu                             | Počet druhů |
|---|--|---|-------------|
| Hubert A. Ireland (1939)                | Sev. Amerika (Oklahoma)                            | sp. devon (helderberg, oriskany)            | 11 druhů    |
| W. A. McClellan (1973)                  | Sev. Amerika (Nevada)                              | sp. devon (helderberg)                      | 27 druhů    |
| J. E. Conkin & B. M. Conkin (1982)      | Sev. Amerika                                       | sp. devon (helderberg a stř. onesquethawan) | 18 druhů    |
| W. L. Moreman (1933)                    | Sev. Amerika (Oklahoma)                            | sp. devon (helderberg)                      | 1 druh      |
| K. N. Bell (1996)                       | Austrálie (Viktorie)                               | sp. devon (ems)                             | 45 druhů    |
| K. N. Bell & T. Winchester-Seeto (1994) | Austrálie (Viktorie, Nový Jižní Wales, Queensland) | sp. devon (lochkov - ems)                   | 10 druhů    |
| K. N. Bell & T. Winchester-Seeto (1999) | Austrálie, Sibiř                                   | sp. devon (lochkov - ems)                   | 22 druhů    |
| J. Malec (1992)                         | Polsko (Gory Swietokrzyskie)                       | sp. devon (ems)                             | 9 druhů     |
| K. Holcová (1999, 2002, 2003)           | Barrandien   | sp. devon (lochkov - dalej)                 | 79 druhů    |

Tabulka 2: Dosavadní průzkum a četnost nalezených druhů ve světě zaměřeno na spodní devon

K. N. Bell a T. Winchester-Seeto (1994) popsali foraminifery spodního devonu z vápenců ze států Viktorie (Taravale Formation), Nový Jižní Wales (Garra limestone) a Queensland (Shield Creek Formation).

V těchto lokalitách popsal 10 rodů: *Hyperammina* spp.; *Psammosphaera* spp.(?); *Sorosphaera* sp.; *Saccammina* spp.; *Lagenammina* sp.; *Ordovicina* sp.; *Thurammina* sp.; *Hemisphaerammina* sp.; *Tolypammina* sp.; *Reophax* sp.

K. N. Bell a T. Winchester-Seeto (1999) dále zdokumentovali aglutinované foraminifery spodního devonu v přepracovaných vrstvách v palynologických reziduích z Austrálie a Sibiře.

Jako nové druhy byly popsány: *Hemisphaerammina coolamon*, *Psammosphaera garraay*, *Reophanus proavitus*, *Saccammina mea* a *Thurammina mirrka*.

Dále vedle nových byly popsány: *Lagenammina* sp., *Saccammina* sp. cf. *S. ampullacea* Crespin; *Thurammina* sp. cf. *T. subsphaerica* Moreman; *Hemisphaerammina* sp., *Thurammina* sp., *Psammosphaera cava* Moreman; *Saccammina* sp., *Thurammina* sp. cf. *T. arcuata* Moreman; *Sorosphaera* sp. cf. *S. confusa* Brady; *Tolypammina tantula* Bell; *Psammosphaera* sp., *Hyperammina* sp. cf. *H. sappingtonensis* Gutschick; *Inauris tubulata* Conkin, Conkin & Thurman; *Webbinelloidea similis* Stewart & Lampe; *Amphitremoida* sp. cf. *A. citroniforma* Eisenack; *Hyperammina devoniana* Crespin; *Lagenammina ovata* Bell.

## 8.2. Severní Amerika

Mezi další dobře zdokumentované oblasti patří lokality v Severní Americe. Hubert A. Ireland (1939) popsal spodnodevonské (spodnímu devonu odpovídající stupně helderberg a oriskany) foraminifery z Oklahomy (lokality Arbuckle Mountains a centrální Oklahoma).

Jako nové druhy popsal: *Psammophax bipartita*, *Stegnammina elongata*, *Ceratammina cornucopia*, *Webbinella bipartita*, *Psammonyx maxwelli*, *Bathysiphon rugosus*.

Vedle nových dále popsal: *Bathysiphon curvus* Moreman, *Bathysiphon diminutionis* Moreman, *Bathysiphon parallelus* Dunn, *Psammosphaera excerpta* Dunn, *Sorosphaera tricella* Moreman.

W. A. McClellan (1973) popisoval nálezy devonských foraminifer pro biostratigrafickou studii v Nevadě (lokality March Spring, Ikes Canyon, Rabbit Hill, Copenhagen Canyon, Lone mountain, Pete Hanson Creek, Willow Creek, Coal Canyon, Cortez Canyon) stáří spodního devonu (odpovídající regionální stupeň helderberg).

V jednotlivých lokalitách našli tyto druhy včetně nově popsáných druhů:

March Spring – *Rhabdammina cylindrica* Glaessner; *Psammosphaera cava* Moreman, 1930; *Raibosammina aspera* Moreman; *Stegnammina contorta* McClellan; *Stegnammina quadrangularis* Dunn; *Stortosphaera malloryi* n. sp., *Webbinelloidea hemispherica* Stewart and Lampe.

Ikes Canyon – *Hemisphaerammina bradyi* Loeblich and Tappan; *Hyperammina constricta* Gutschick and Treckman; *Psammosphaera cava* Moreman; *Raibosammina aspera* Moreman; *Rhabdammina cylindrica* Glaessner; *Sorosphaera confusa* Brady; *Sorosphaera* sp., *Stegnammina hebesta* (?) Moreman; *Stegnammina moremani* Dunn; *Storthosphaera malloryi* n. sp., *Thurammina arcuata* Moreman; *Webbinelloidea hemispherica* Stewart and Lampe.

Rabbit Hill – *Anictosphaera progressa* n. sp., *Haplophragmoides antiquus* n. sp., *Hemisphaerammina bradyi* Loeblich and Tappan; *Hemisphaerammina discoidea* (?) Summerson; *Hyperammina curva* Moreman; *Metamorphina tholus* Moreman; *Nanicella dainae*(?) Chernysheva; *Psammosphaera cava* Moreman; *Rhabdammina cylindrica* Glaessner; *Sorosphaera osgoodensis* Stewart and Priddy; *Stegnammina contorta* McClellan; *Storthosphaera malloryi* n. sp., *Webbinelloidea hattini* McClellan; *Webbinelloidea hemispherica* Stewart and Lampe; *Webbinelloidea aff. nodosa* Summerson.

Copenhagen Canyon – *Psammosphaera cava* Moreman; *Stegnammina cylindrica* Moreman.

Lone Mountain – *Rhabdammina bifurcata* Browne and Schott.

Pete Hanson Creek – *Psammosphaera cava* Moreman; *Stegnammina hebesta* (?) Moreman.

Willow Creek – *Anictosphaera progressa* n. sp., *Hemisphaerammina bradyi* Loeblich and Tappan; *Psammosphaera cava* Moreman; *Rhabdammina cylindrica* Glaessner; *Sorosphaera osgoodensis* Stewart and Priddy; *Stegnammina quadrangularis* Dunn; *Thurammina arcuata* Moreman; *Tolypammina tortuosa* Dunn; *Webbinelloidea hemispherica* Stewart and Lampe; *Webbinelloidea aff. nodosa* Summerson.

Coal Canyon – *Hyperammina constricta* Gutschick and Treckman; *Hyperammina curva* Moreman; *Marsipella torta* Stewart and Priddy; *Marsipella* sp., *Nanicella dainae*(?) Chernysheva; *Psammosphaera cava* Moreman; *Rhabdammina cylindrica* Glaessner; *Sorosphaera compacta* n. sp.

Cortez Canyon – *Psammosphaera cava* Moreman; *Rhabdammina cylindrica* Glaessner.

W. L. Moreman (1933) popsal jeden nový druh *Webbinella quadripartita* odpovídající stáří spodního devonu (regionální stupeň helderberg) z Oklahomy (lokalita Haragan).

J. E. Conkin a B. M. Conkin (1982) ve své souhrnné studii paleozoických aglutinovaných foraminifer ze Severní Ameriky, konkrétně stáří spodního devonu (helderberg a střední onesquethawan) uvádějí tyto druhy: *Ceratamina cornucopia* Ireland, *Stegnammina cylindrica* Moreman, *Psammosphaera cava* Moreman, *Raibosammina aspera* Moreman, *Bathysiphon* sp., *Sorosphaera confusa* Brady, *Anictosphaera progressa* McClellan, *Hemisphaerammina quadripartita*, *Sorosphaera compacta* McClellan, *Thurammina arcuata* Moreman, *Hemisphaerammina thola* Moreman, *Storthosphaera malloryi* McClellan, *Webbinelloidea similis* Stewart & Lampe, *Sorosphaera tricella* Moreman, *Rhabdammina* sp., *Blastamina* sp., *Saccamina* sp., *Inauris tubulata* Conkin, Conkin & Thurman.

### 8.3. Polsko

Dále jsou zaznamenány nálezy z Polska. Jan Malec (1992) zdokumentoval a popsal foraminifery spodního devonu z lokality Góry Świętokrzyskie, vrt Dabrowa D-5.

Jako nové druhy popsal: *Amphitremoida kieltensis*, *Amphitremoida pajchlowae*, *Lagenammina silnica*, *Saccamina scutella*, *Saccamina guerichi*.

Vedle nových dále popsal: *Hyperammina cuviniana* Duszynska; *Hyperammina* sp. A, *Hyperammina* sp. B, *Webbinelloidea similis* Stewart & Lampe.

## 9. VÝSLEDKY VÝZKUMU SPODNODEVONSKÝCH FORAMINIFER BARRANDIENU

V Barrandienu jsou nejhojnější foraminifery ve vápencích třebotovských (dalej) a dvorecko-prokopských (prag) - respektive při hranici spodního a středního devonu, jejich vysoká hojnost je zapříčiněna tím, že hlíznaté vápence se ukládaly v klidném a hlubokovodním prostředí s vysokým obsahem klastů nezbytných pro stavbu aglutinovaných schránek (Tab. 3). Naopak foraminifery nebyly nalezeny ve vápencích koněpruských a sliveneckých, roblínských a kačáckých vrstvách – tyto absence mohly být způsobeny nepříznivými životními podmínkami (Holcová, 2002) .

Tabulka (Tab. 3) ukazuje soupis popsaných druhů v lokalitách spodního devonu v Barrandienu (Holcová 1999, 2002, 2003). Z těchto údajů vyplývá, že největší diverzita foraminiferových společenstev je ve stupních prag a dalej.

| Barrandien - spodní devon                                      | lochkov | prag | zlíchov | dalej |
|--|---------|------|---------|-------|
| Druhy  |         |      |         |       |
| <i>Psammosphaera angularis</i> Ireland                         |         |      |         | X     |
| <i>Psammosphaera cava</i> Moreman                              | X       | X    | X       | X     |
| <i>Psammosphaera devonica</i> Stewart & Lampe                  | X       | X    |         | X     |
| <i>Psammosphaera minuta</i> Dunn                               |         | X    | X       | X     |
| <i>Psammosphaera gracilis</i> Ireland                          |         |      |         | X     |
| <i>Psammosphaera</i> sp.                                       |         | X    |         |       |
| <i>Pseudastorrhiza</i> aff. <i>irregularis</i> Dunn            |         | X    |         | X     |
| <i>Pseudastorrhiza delicata</i> Gutschick & Treckman           |         |      |         | X     |
| <i>Pseudastorrhiza</i> sp.                                     |         | X    |         |       |
| <i>Sorosphaera tricella</i> Moreman                            |         | X    |         |       |
| <i>Thuraminoides sphaeroidalis</i> Plummer                     | X       | X    |         | X     |
| <i>Hemisphaerammina bradyi</i> Loeblich & Tappan               |         | X    |         |       |
| <i>Hemisphaerammina carmani</i> Summerson                      |         | X    | X       | X     |
| <i>Hemisphaerammina</i> aff. <i>casteri</i> McClellan          |         | X    |         |       |
| <i>Hemisphaerammina</i> sp.                                    |         |      |         | X     |
| <i>Tholosina</i> sp. 1   |         |      |         | X     |
| <i>Tholosina</i> sp. 2   |         | X    |         | X     |
| <i>Webbinelloidea hattini</i> McClellan                        |         | X    |         | X     |
| <i>Webbinelloidea hemispherica</i> Stewart & Lampe             |         |      |         | X     |
| <i>Webbinelloidea tholus</i> Moreman                           |         |      |         | X     |
| <i>Sorosphaerella</i> sp.                                      |         | X    |         |       |
| <i>Thurammina arcuata</i> Moreman                              |         |      |         | X     |
| <i>Thurammina</i> aff. <i>diforamens</i> Ireland               |         | X    |         | X     |
| <i>Thurammina</i> aff. <i>echinata</i> Dunn                    |         | X    | X       | X     |
| <i>Thurammina eliptica</i> Moreman                             |         |      |         | X     |
| <i>Thurammina papillata</i> Brady                              |         | X    |         | X     |
| <i>Thurammina</i> df. <i>quadritubulata</i> Dunn               |         | X    |         | X     |
| <i>Thurammina sphaerica</i> Ireland                            |         | X    |         | X     |
| <i>Thurammina triradiata</i> Gutschick & Trackman              |         | X    |         | X     |
| <i>Thurammina</i> aff. <i>tubulata</i> Moreman                 |         |      |         | X     |
| <i>Thurammina</i> sp. 1  |         | X    |         | X     |
| <i>Thurammina</i> sp. 2  |         |      |         | X     |
| <i>Lagenammina sphaerica</i> Moreman                           |         | X    |         | X     |
| <i>Saccammina cumberlandiae</i> Conkin                         |         | X    |         |       |
| <i>Saccammina</i> aff. <i>ligula</i> Gutschick, Wiener & Young |         | X    |         |       |
| <i>Saccammina pseudospiralis</i> Cushman & Stainbrook          |         | X    |         | X     |
| <i>Saccammina</i> sp.  |         | X    |         |       |
| <i>Saccammina petinensis</i> (?) Bykova                        |         |      |         | X     |
| <i>Hyperammina gracilentia</i> Gutschick & Treckman            |         | X    |         | X     |
| <i>Hyperammina kahlleinwensis</i> Blumenstengel                |         |      |         | X     |
| <i>Hyperammina rockfordensis</i> Gutschick & Treckman          |         | X    |         | X     |

|  |  |   |   |   |
|--|--|---|---|---|
| <i>Hyperammina</i> sp.                                       |  | X |   | X |
| <i>Saccorhiza</i> aff. <i>proboscis</i> Bell                 |  |   |   | X |
| <i>Ammovolummina</i> sp.                                     |  | X |   |   |
| <i>Ammodiscella</i> sp.                                      |  |   |   | X |
| <i>Tolypammina bulbosa</i> Gutschick & Treckman              |  |   |   | X |
| <i>Tolypammina irregularis</i> Blumenstengel                 |  | X |   | X |
| <i>Tolypammina</i> aff. <i>nodosa</i> Ireland                |  | X |   | X |
| <i>Tolypammina polyverta</i> Ireland                         |  | X |   |   |
| <i>Tolypammina prodigalis</i> Ireland                        |  |   |   | X |
| <i>Tolypammina sperma</i> Gutschick, Wiener & Young          |  | X |   | X |
| <i>Tolypammina</i> aff. <i>tornella</i> Ireland              |  | X |   |   |
| <i>Tolypammina tortuosa</i> Dunn                             |  | X | X |   |
| <i>Tolypammina</i> sp. 1                                     |  | X |   |   |
| <i>Tolypammina</i> sp. 2                                     |  |   |   | X |
| <i>Tolypammina</i> sp. 3                                     |  | X |   |   |
| <i>Tolypammina</i> sp. 4                                     |  |   |   | X |
| <i>Tolypammina</i> sp. 5                                     |  |   |   | X |
| <i>Tolypammina</i> sp. 6                                     |  | X | X |   |
| <i>Tolypammina</i> sp. 7                                     |  | X |   |   |
| <i>Tolypammina</i> sp. 8                                     |  | X |   |   |
| <i>Tolypammina</i> fragmenty                                 |  | X | X | X |
| <i>Ammodiscus</i> ex. gr. incertus d'Orbigny                 |  |   |   | X |
| <i>Ammodiscus exsertus</i> Cushman                           |  |   |   | X |
| <i>Ammodiscus</i> sp.  |  | X |   |   |
| <i>Hormosinidae</i> gen. et sp. indet.                       |  |   | X | X |
| <i>Ammobaculites</i> aff. <i>leptos</i> Gutschick & Treckman |  |   |   | X |
| <i>Ammobaculites minutus</i> Waters                          |  |   |   | X |
| <i>Ammobaculites</i> sp.                                     |  | X |   |   |
| <i>Archaesphaeridae</i> gen. et sp. indet                    |  |   |   | X |
| <i>Bisphaera</i> (?)   |  | X |   |   |
| <i>Moravamminidae</i> gen. et sp. indet.                     |  | X |   |   |
| <i>Paratikhinellidae</i> gen. et sp.                         |  | X |   |   |
| <i>Nodosinellidae</i> gen. et sp. indet.                     |  | X |   |   |
| <i>Archaediscidae</i> indet.                                 |  | X |   |   |
| <i>Ammodiscidae</i> indet.                                   |  |   |   | X |
| <i>Bathysiphon</i> sp.                                       |  | X | X |   |
| <i>Psammosiphon remesi</i> Prantl                            |  | X |   | X |
| <i>Rhabdammina</i> sp.                                       |  | X |   | X |

Tabulka 3: Soupis popsaných foraminifer z lokalit spodního devonu Barrandienu

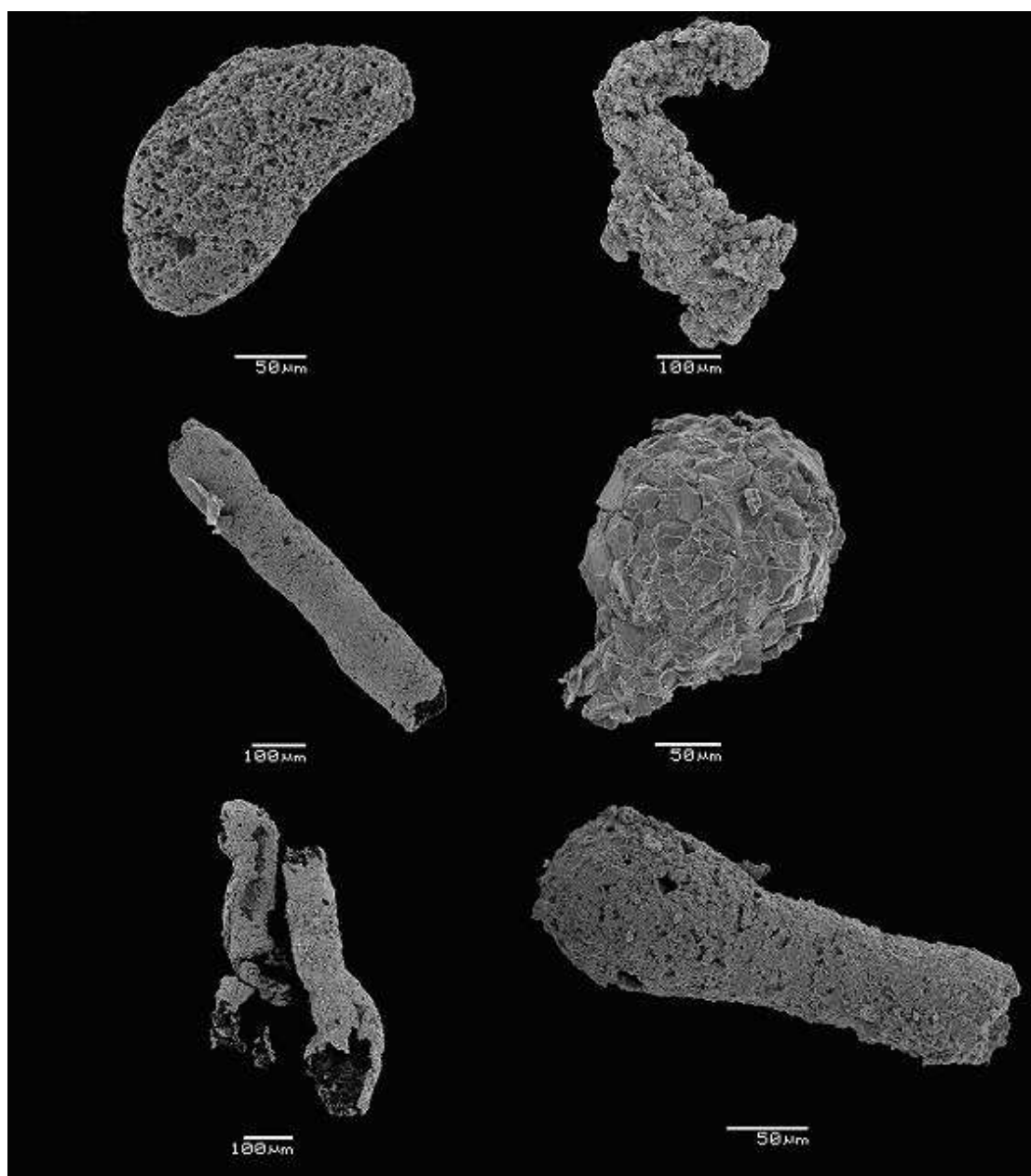
### 9.1. Nalezeno na lokalitě Na Stydlých vodách

Následuje výpis druhů (Tab. 3), které již byly nalezené a popsané na vytipované lokalitě lomu Na Stydlých vodách. Tyto druhy popsala Holcová (2002).

*Bathysiphon* sp., *Rhabdammina* sp., *Psammosphaera cava* Moreman, *Psammosphaera minuta* Dunn, *Psammosphaera* sp., *Pseudastrorhiza* aff. *irregularis* Dunn, *Pseudastrorhiza* sp., *Thuraminoides sphaeroidalis* Plummer, *Hemisphaerammina* aff. *casteri* McClellan, *Hemisphaerammina* sp., *Tholosina* sp., *Webbinelloidea hattini*

McClellan, *Thurammina* aff. *echinata* Dunn, *Thurammina* *papillata* Brady, *Thurammina* aff. *quadritubulata* Dunn, *Thurammina* sp., *Lagenammina* *sphaerica* Moreman, *Saccamina* *pseudospiralis* Cushman & Stainbrook, *Hyperammina* *gracilentia* Gutschick & Treckman, *Hyperammina* *rockfordensis* Gutschick & Treckman, *Tolypammina* *tortuosa* Dunn, *Tolypammina* *polyverta* Ireland, *Tolypammina* sp., *Ammodiscus* sp. (Holcová 2002)

Obrázek (Obr. 9) ukazuje první zaznamenané mikrofosílie z odebraných vzorků na diplomovou práci z lomu Na Stydlých vodách.



Obrázek 9: Mikrofosílie nalezené v profilu lomu Na Stydlých vodách.

## 10. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo shrnout stručný přehled biologie foraminifer a jejich hlavních morfologických znaků důležitých pro systematické zařazení. Dále bylo cílem této práce představit prostředí, ve kterém spodnodevonské uloženiny sedimentovaly, stratigrafii devonu Barrandienu a na závěr popis a uvedení vytipované lokality, z které byly odebírány vzorky pro budoucí diplomovou práci.

Avšak jádrem této práce bylo porovnat výsledky výzkumů ze světových lokalit spodního devonu s výsledky výzkumů ze spodnodevonských lokalit v Barrandienu. Z tohoto porovnání vyplývá, že oblastí, kde byly spodnodevonské foraminifery zkoumány, je velice málo a tyto oblasti jsou na druhová společenstva chudá. K nejlépe prozkoumaným lokalitám s velkou druhovou bohatostí patří lokality v Austrálii a Barrandienu s tím, že ve spodním devonu Barrandienu byly nejhojnější společenstva foraminifer ve stupních prag a dalej. Toto poznání má tedy sloužit jako úvod k diplomové práci, která bude zaměřena na studii a systematické zdokumentování foraminifer na profilu v lomu Na Stydlých vodách, který odpovídá hranici prag/zlíchov.



## 11. POUŽITÉ ZDROJE INFORMACÍ

### Literatura:

- Boersma, A. (1998): Foraminifera. *In*: Boersma, A., and Haq, B.U. (ed.), Introduction to marine micropaleontology. *Elsevier*, New York, 19 – 77.
- Bell, K. N. (1996): Early Devonian (Emsian) agglutinated foraminiferans from Buchan and Bindi, Victoria, Australia. – *Proc. Roy. Soc. Victoria* 108 (2): 73 - 106.
- Bouček, B., Horný R., Chlupáč, I. (1966): Silurian versus Devonian. – *Sbor. Nár. Muz. Ř. B*, 22, 2, 49-65. Praha.
- Chlupáč, I. (1986): Barrandian-Moravian Karst. – *Ústřední ústav geologický*, Praha, 34 pp., Praha.
- Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J., and Stráník, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. *Academia*, Praha, 436 s.
- Chlupáč, I., Havlíček, V., Kříž, J., Kukal, Z., and Štorch, P. (1998): Paleozoic of the Barrandian (Cambrian to Devonian). *Czech Geological Survey*, Prague, 183 pp.
- Chlupáč, I. – Lukeš, P. (1999): Pragian/Zlichovian and Zlichovian/Dalejan boundary sections in the Lower Devonian of the Barrandian area, Czech Republic. – *Newslett. Stratigr.*, 37(1/2), 75-100. Leiden.
- Conkin, J. E. and Conkin, B. M. (1982): North American Paleozoic Agglutinate Foraminifera. – *In*: M. A. Buzas (ed.): Foraminifera, Notes for a short Course. – *Univ. of Tennessee, Dept. Geological Science, Studies in Geology* 6: 177-191.
- Holcová, K. (1999): Foraminifers from the Barrandian: a revision of micropaleontological collection of the Department of Paleontology, Charles University, Prague. *Časopis Národního Musea*, 168 (1-4), 37-51.
- Holcová, K. (2002): Silurian and Devonian foraminifers and other acid-resistant microfossils from the Barrandian area. *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B, Historia Naturalis*, 58 (3-4), 83-140.
- Holcová, K. (2003): Foraminiferal assemblages in acid residues from the „Císařská rokle“ Gorge at Srbsko (the Lower/Middle Devonian boundary interval, Barrandian area) and their paleoenvironmental significance. *Bulletin of Geosciences*, Vol. 78, No. 4, 393-403.
- Ireland, H. A. (1939): Devonian and Silurian Foraminifera from Oklahoma. – *J. of Paleont.*, 13,2: 190-202

- Loeblich, A. R. and Tappan, H. (1988): Foraminiferal genera and their classification. - *Van Nostrand Reinhold Co.*, New York, 970 pp.
- Malec, J. (1992): Arenaceous Foraminifera from Lower–Middle Devonian Boundary Beds of Western Part of the Gory Swietokrzyskie Mts. – *Ann. Soc. Geol. Poloniae*, 62: 269-287.
- McClellan, W. A. (1973): Siluro-Devonian Microfaunal Biostratigraphy in Nevada. – *Bull. amer. paleont.*, 62.274: 231-375.
- Moreman, W. L. (1933): Arenaceous Foraminifera from the Lower Palozoic rocks of Oklahoma. – *J. Paleont.*, 7,4: 393-397.
- Murray, J. W. (2006): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. – *Cambridge University Press*, 426 pp.
- Pokorný, V. (1954): Základy zoologické mikropaleontologie. *Nakl. ČSAV*, Praha, 650 s.
- Skoček, V. – Kukař, Z. (1998): Oncoidal and ooidal ironstone in the Lower Devonian limestone sequence, Barrandian, Czech Republic. *Bulletin Czech Geological Survey*, 73, 23-32.
- Slavík, L. (2004): A new conodont zonation of the Pragian Stage (Lower Devonian) in the stratotype area (Barrandian, central Bohemia). *Newsl. Stratigr.*, 40 (1/2), 39 - 71.
- Winchester-Seeto, T. and Bell, K. N. (1994): Microforaminiferal linings from the Early Devonian of Eastern Australia, and their generic placement. – *J. Paleont.*, 68 (2): 200-207
- Winchester-Seeto, T. and Bell, K. N. (1999): Linings of agglutinated Foraminifera from the Devonian: taxonomic and biostratigraphic implications. – *J. Micropalaent.*, 18: 27-43.

#### **Internetové zdroje:**

- D. Kouřil: <http://www.geology.upol.cz/spdevon.jpg> (květen 2010)
- <http://www.eforams.icsr.agh.edu.pl/index.php/Morphogenesis> (květen 2010)
- E. Thomas: <http://ethomas.web.wesleyan.edu/BFhandout.htm> (květen 2010)
- Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy (2010), *GSSP Table - Paleozoic Era*:  
<http://stratigraphy.science.purdue.edu/gssp/> (květen 2010)